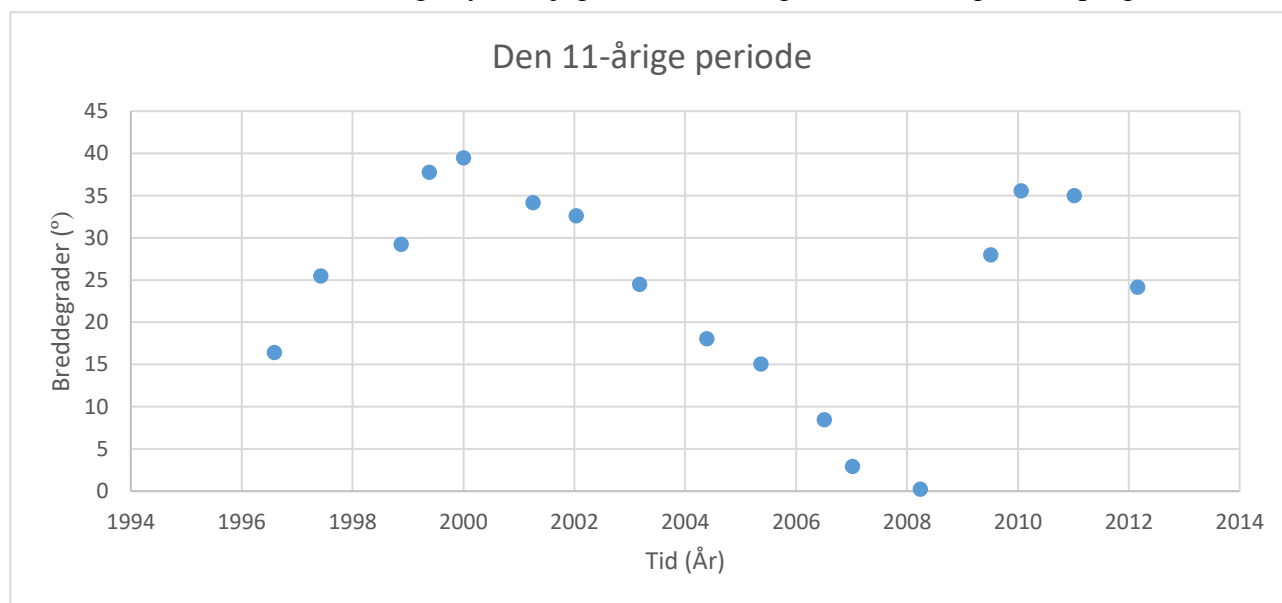


Modellering Af Solens Differentiale Rotation

Dette projekt handler om solens differentiale rotation. Jeg har udviklet mit eget program i Visual Basic, som kan identificere kraftige magnetiske konvektionsområder på solens overflade. Disse magnetiske konvektionsområder kaldes solpletter og fremstår mørkere end den omgivende plasma. De kraftige magnetfelter undertrykker den termiske energi hvilket medfører, at temperaturen falder i de magnetiske tuber, hvilket bevirker at lysintensiteten falder. Ved hjælp af mit program, har jeg analyseret tusindvis af billeder for 16 år af solens overflade taget fra SOHO- og SDO-databasen¹. Herved er det lykkedes mig at vise, at solen har en 11-årig cyklus.

Hvert 11. år er der en cyklus, der nulstiller det toroidale felt til det poloidale felt². I starten af de 11 år er der et maksimum, hvorefter den slutter i et minimum. Et minimum er, når det toroidale felt er blevet snoet meget kraftigt i solens rotationsretning. I et minimum er der meget få solpletter der kommer til syne, fordi den kraftige turbulens der bliver skabt af det toroidale felt, river flux-tuberne i stykker. De få, der kommer til syne, befinder sig meget tæt på ækvator pga. konvektion gennem det toroidale felt i dette stadie. Ved et maksimum er der mange pletter ved højere breddegrader, da turbulensen er mindre, og flux-tuber er i stand til at være samlet og stige op over overfladen, kaldet fotosfæren. Det er denne 11. årige cyklus, jeg har afbilledet grafisk ved brug af mit program.

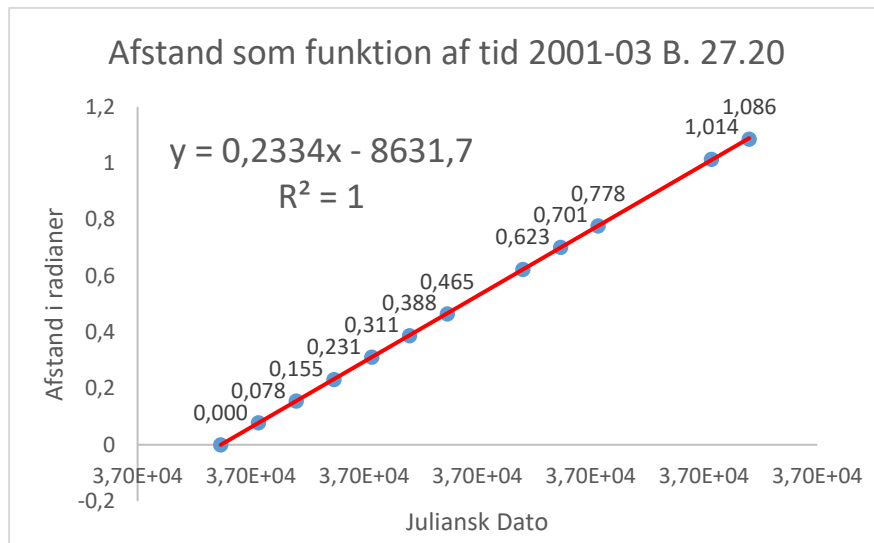


Hvert af disse år, jeg har analyseret, har indeholdt ca. 2000 billeder. Derfor havde jeg brug for et program til at analysere mange billeder ad gangen, samt skrive resultaterne ud i et dokument, hvor jeg nemt kunne flytte det over i et beregningsark. Jeg valgte derfor at skrive mit eget program til denne omfattende analyse. Den 11-årige cyklus er ikke det eneste, jeg nåede frem til, jeg har også beregnet rotationshastighederne ved forskellige breddegrader. Jeg har beregnet rotationshastighederne for 16 forskellige breddegrader. Resultatet af min analyse viser at solpletternes position ligger mellem 0. til 40. breddegrad alt afhængigt af, hvor langt man er i den 11-årige cyklus.

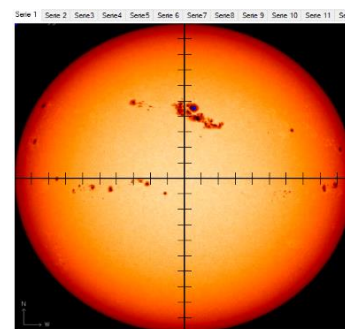
¹SOHO: Solar and Heliospheric Observatory <https://soho.nascom.nasa.gov/> og SDO: Solar Dynamics Observatory <https://sdo.gsfc.nasa.gov/>

² Chaisson, Eric S. M. (2002). *ASTRONOMY TODAY*. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River

Jeg har kunnet sammenligne mine resultater med andre, der har forsket³ i det, og den maksimale afvigelse jeg har fået var 1,71 %. En af mine bedste målinger ses på nedenstående graf til venstre.



	Resultat
Målte hældning i $\frac{rad}{dage}$	0,2334
En fuld rotation i dage	26,92
Rigtig rotationstid i dage	26,93
Afvigelse i %	0,01



Mit program kan detektere de mørke områder på solens overflade ud fra et billede. Det vigtigste i min kode er, at beskrive den mekanisme der tjekker efter de mørke områder. Billedet af solen, der ses herover er et udklip taget fra mit program. Måden koden fungerer på er ved, at vi sætter nogle krav til RGB-værdierne, som værdierne skal følge, for at vi kan bruge dem. Vi kan vælge hvor langt pletten må bevæge sig i x og y samt intensiteten, som er stigende eller faldende alt afhængigt af breddegrad og levetid. Jeg frasorterer alle de pixels, der ikke befinder sig inden for solen, og angiver det fundne punkt i et lokalt 10x10 koordinatsystem, som gør det nemmere at finde punktet på næste billede.

Dette emne har stor relevans for os i dag, da indsigten i hvilke processer der finder sted på og i solen, kan hjælpe os med at værne os mod kommende trusler fra solen. En reel trussel ville være kraftige solarflares. Der opstår flest solarflares, når den 11 årige-cyklus er i et maksimum pga. den øgede solpletaktivitet. En solarflare er bølger af protoner, elektroner og radioaktiv stråling⁴, der bliver skudt ud fra det magnetfelt, der opstår mellem to solpletter. Solpletter kommer i par af to, hvor der opstår et kraftigt magnet felt mellem dem, da de er modsatrettet i deres magnetiske poler. Dette magnetfelt er i stand til at skyde store mængder af partikler ud i verdensrummet. Disse partikler udgør en trussel for vores el-net, satellitter og rumstation. I 1989 blev et Canadisk elværk strømafbudt⁵ af de partikler, der kom fra en kæmpe solarflare. Partiklerne kan skabe overbelastning i elektriske kredsløb og enten lave en kortslutning eller en hel nedsmeltning af systemet. De astronauter vi har ude i rummet er i fare, hvis en bølge af partikler rammer dem, da det kan skabe sundhedsmæssige problemer pga. den høje radioaktive stråling. Solarflares kan skabe problemer for vores GPS systemer samt blokering af radiobølger. Til sidst, men ikke mindst, er det med til at forudsige nordlys. Mange af partiklerne bliver fanget i Van Allen-bælterne, som ligger rundt om jorden. Ved en kraftig solarflare bliver partiklerne i Van Allen-bælterne afbøjet så meget ned mod polerne, at de rammer atmosfærens molekyler som exciteres, og derved opstår der nordlys. Derfor er det vigtigt at kunne regne på, hvornår der kommer en solarflare, og om den udgør en trussel for elektriske kredsløb enten rundt om eller nede på jorden. Hvis man kunne sige, hvor partiklerne ville ramme, ville en løsning være at slukke for systemet i dette tidsrum, hvor partiklerne kolliderer og skaber store strømstyrker i atmosfæren.

³ Berdyugina, S. V. (2005). *Starspots: A Key to the Stellar Dynamo*. Living Rev. Solar Phys., 2

⁴ <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2016/nasas-sdo-captures-images-of-a-mid-level-solar-flare>

⁵ https://www.nasa.gov/topics/earth/features/sun_darkness.html